



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **718 968 B1**

(51) Int. Cl.: **B23F 21/16** (2006.01)
B23F 5/20 (2006.01)
B23F 5/22 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 001042/2022

(22) Anmeldedatum: 08.09.2022

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.03.2023

(30) Priorität: 13.09.2021 AT A50718/2021

(24) Patent erteilt: 28.04.2023

(45) Patentschrift veröffentlicht: 28.04.2023

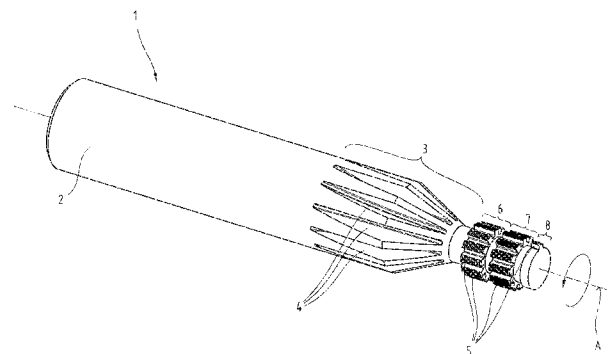
(73) Inhaber:
Diametal A.G., Solothurnstrasse 136
2504 Biel/Bienne (CH)

(72) Erfinder:
Anthony Paganopoulos, 2504 Biel/Bienne (CH)
Frédéric Marin, 2504 Biel/Bienne (CH)
Nils Vuilleumier, 2504 Biel/Bienne (CH)

(74) Vertreter:
ABP PATENT NETWORK AG, Othmarstrasse 8
8008 Zürich (CH)

(54) **Abwälzfräser.**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wälzfräser zum Fräsen eines Zahnrads mit epizyklischem Zahnprofil, mit einem Werkzeugkörper (1), auf welchem umlaufend in Helixanordnung um eine Längsachse (A) Stollen (5) zum Abtragen des Materials des Zahnrades angeordnet sind. Die Stollen (5) sind in zumindest zwei voneinander in Längsrichtung der Längsachse (A) beabstandeten Abschnitten (6, 7) angeordnet. Ein erster Abschnitt (6) ist zum Ausfräsen des Nutzteils der Zähne, insbesondere des Kopfdurchmessers und der Nutzflanke, und ein zweiter, vorzugsweise benachbarter, Abschnitt (7) zum Ausfräsen der Unterseite der Zähne, insbesondere des Zahnfusses und des Bereichs zwischen den Zahnfüssen benachbarter Zähne, bestimmt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wälzfräser zur Herstellung eines Zahnrads mit epizyklischem Zahnprofil, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads mit epizyklischem Zahnprofil, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

[0002] Typischerweise weisen Wälzfräser einen um eine Achse rotierbar gelagerten Werkzeugkörper auf, auf dem umlaufend um die Rotationsachse des Werkzeugkörpers ein Profil oder Stollen mit einem auf der Oberseite der Stollen ausgearbeiteten Profil zum Abtragen des Materials eines zu bearbeitenden Rohlings angeordnet sind.

[0003] Die Verzahnungen von Zahnrädern mit epizyklischen Profilen, wie sie typischerweise in Uhren zum Einsatz kommen, genormt oder nicht, werden derzeit mit Wälzfräsern, Einstellfräsern oder Formfräsern verzahnt. Bei kleinen Moduli (typischerweise $\leq 0,200$) und geringen Zähnezahlen (typischerweise ≤ 10) wird das Wälzfräsen jedoch problematisch. Dabei sind jedoch die gewünschten Fussdurchmesser selten erreichbar. Oftmals verbleiben Streifen an der Unterseite der Zähne und/oder Materialüberschuss an den Flanken unten an den Zähnen. Auch sind durch das Kaltschweissen oft harten Gratzen vorhanden. Daher müssen konstruktive und/oder fertigungstechnische Kompromisse gefunden werden, um diese Probleme zu überwinden, wie etwa nachteilige Änderung des Fussdurchmessers, aufwendiges separates Entgraten usw.

[0004] Die WO 2020/259988 A1 offenbart einen Zahnradfräser zum Fräsen eines Zahnrads mit zwei benachbarten und entgegengesetzt schrägverzahnten Zahnradkränzen. Der dabei zum Einsatz kommende Wälzfräser weist auf einer um eine Achse rotierbar gelagerte Fräserwelle einen ersten Abschnitt zum Ausfräsen des ersten Zahnradkranzes und einen zweiten Abschnitt zum Ausfräsen des zweiten Zahnradkranzes auf, wobei deren Stollen in zumindest zwei voneinander in Längsrichtung der Achse beabstandeten Abschnitten angeordnet sind. Der Rohling bleibt während der Fertigung in der Fräsvorrichtung eingespannt, während der erste Abschnitt des Wälzfräsers den ersten Zahnradkranz ausfräst, dann in radialer Richtung vom Zahnrad weg bewegt wird, und anschliessend mit dem zweiten Abschnitt der zweite Zahnradkranz axial benachbart dem ersten Zahnradkranz gefräst wird. In einem Arbeitsgang werden mit einem einzigen Werkzeug zwei nebeneinanderliegende Schrägverzahnungen unterschiedlicher Zahnrichtung gefertigt.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mittels derer in einfacher und rascher Weise ein Zahnrad mit epizyklischem Zahnprofil hergestellt werden kann. Insbesondere soll die Herstellung eines Zahnrades in einer für die Anwendung in Uhren geforderten Qualität angefertigt werden können.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung und ein Verfahren gemäss den Ansprüchen gelöst.

[0007] Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist zur Lösung der gestellten Aufgabe dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Abschnitt des Wälzfräsers zum Fertigen des Nutzteils der Zähne eines Zahnrades, insbesondere des Kopfdurchmessers und der Nutzflanke, und ein zweiter, vorzugsweise benachbarter, Abschnitt zum Fertigen der Unterseite der Zähne des gleichen Zahnrades, insbesondere des Zahnfusses und des Bereichs zwischen den Zahnfüssen benachbarter Zähne, bestimmt sind. Damit können mit einem Werkzeug die Zähne eines Zahnrades vollständig ohne Nachbearbeitung herausgearbeitet werden.

[0008] Bevorzugt ist dabei vorgesehen, dass ein dritter Abschnitt, vorzugsweise benachbart dem zur Bearbeitung der Unterseite der Zähne bestimmten zweiten Abschnitt, zum Anfasen und/oder Entgraten des gesamten Zahnprofils bestimmt ist. Damit kann mit einem Werkzeug die komplette Formgebung des Zahnrades in einer Bearbeitungsvorrichtung und ohne Umspannen des Werkzeugs und/oder des Rohlings durchgeführt werden.

[0009] Besonders von Vorteil ist es, wenn gemäss einem weiteren optionalen Merkmal die Stollen des ersten Abschnittes insgesamt und/oder darauf ausgearbeitete Grate eines Profils eine geringere Höhe aufweisen als die Stollen insgesamt und/oder darauf ausgearbeitete Grate eines Profils des zweiten Abschnittes. In diesem Fall muss der Wälzfräser für die aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritte lediglich in Längsrichtung des Werkzeugkörpers verfahren werden. Ein allfälliges radiales Wegfahren vom und Zustellen zum Rohling für die Verstellsschritte in Längsrichtung kann dabei in einfacher Weise immer um die gleiche Distanz erfolgen.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemässen Wälzfräsers sieht vor, dass die Steigung der Grate des Profils des zweiten Abschnittes geringer ist als die Steigung der Grate des Profils des ersten Abschnittes.

[0011] Bevorzugt ist auch eine weitere optionale Ausführungsform vorgesehen, bei welcher ein Steigungswinkel der Grate der Stollen relativ zu einer orthogonal zur Achse liegenden Radialebene im Bereich zwischen $0,1^\circ$ und 10° , vorzugsweise zwischen $0,1^\circ$ und 5° , liegt.

[0012] Der Werkzeugkörper kann gemäss einer Ausführungsform der Erfindung in Form eines Hohlzylinders aus Hartmetall, Keramik oder Schnellarbeitsstahl ausgeführt sein, der zum Aufspannen auf einer angetriebenen Spindel ausgelegt ist.

[0013] Eine andere alternative Ausführungsform sieht vor, dass der Werkzeugkörper als Vollhartmetallstab oder Stab aus Keramik oder Schnellarbeitsstahl ausgeführt ist, wobei benachbart eines der äussersten Abschnitte mit Stollen ein Aufsatz als Schnittstelle zu einem Maschinenspanner angeordnet ist, wobei der Aufsatz vorzugsweise zylindrische Form aufweist.

[0014] Um eine besonders präzise Bearbeitung und gleichzeitig die Schonung von Werkzeug, Bearbeitungsanordnung und Rohling zu gewährleisten, sieht eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung einen Wälzfräser vor, bei welchem

der Werkzeugkörper an zwei voneinander beabstandeten Stellen um die Längsachse rotierbar gelagert ist, insbesondere im Bereich von deren äussersten Enden.

[0015] Bevorzugt ist vorgesehen, dass sich der erste Abschnitt bzw. der zweite Abschnitt axial jeweils über 10% bis 40%, bevorzugt über 30% bis 45% der Längserstreckung des Werkzeugkörpers erstrecken.

[0016] Eine weitere optionale Ausführungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt axial um 5% bis 20% der Längserstreckung des Werkzeugkörpers beabstandet sind.

[0017] Bei einem Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads mit epizyklischem Zahnprofil, ist zur Lösung der eingangs gestellten Aufgabe erfindungsgemäss vorgesehen, dass der Wälzfräser mit dem ersten Abschnitt den Nutteil der Zähne, insbesondere den Kopfdurchmesser und die Nutzflanke, anfertigt, dann in axialer Richtung des Werkzeugkörpers verfahren wird und anschliessend mit einem zweiten, benachbarten Abschnitt die Unterseite der Zähne, insbesondere den Zahnfuss und den Bereich zwischen den Zahnfüssen benachbarter Zähne, anfertigt.

[0018] Bevorzugt ist dabei ein erweitertes Verfahren, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass der Wälzfräser nach Fertigen der Unterseite der Zähne erneut in axialer Richtung des Werkzeugkörpers verfahren und mittels eines dritten Abschnitts ein Anfasen und/oder Entgraten des gesamten Zahnprofils durchgeführt wird.

[0019] Weiters ist es von Vorteil, wenn das erfindungsgemässe Wälzfräsverfahren in einer Variante durchgeführt wird, bei welcher der Wälzfräser vor seinem Verfahren in axialer Richtung des Werkzeugkörpers vom Rohling abgehoben wird. Genauso gut kann aber allein eine axiale Versetzung des Wälzfräsers entlang seiner Rotationsachse vorgenommen werden.

[0020] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0021] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine Ansicht einer Ausführungsform eines erfindungsgemässen Wälzfräsers von schräg vorne;
- Fig. 2 eine vergrösserte Seitenansicht der Abschnitte des Wälzfräsers der Fig. 1 für die Bearbeitung des Rohlings;
- Fig. 3 eine tangentielle Ansicht eines Ausschnittes aus dem Übergangsbereich zwischen den unterschiedlichen Abschnitten des Wälzfräsers;
- Fig. 4 eine Ablaufdarstellung der beiden grundlegenden Verfahrensschritte bei der Fertigung eines Zahnrades mit dem erfindungsgemässen Wälzfräser, und
- Fig. 5 eine Darstellung erfindungsgemässer Wälzfräser mit unterschiedlichen Durchmesserhältnissen.

[0022] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäss auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäss auf die neue Lage zu übertragen.

[0023] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

[0024] Der Ordnung halber sei abschliessend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmassstäblich und/oder vergrössert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

[0025] Der in den Zeichnungfiguren dargestellte erfindungsgemässe Wälzfräser ist in einer Variante mit einem Werkzeugkörper 1 in der Form eines Vollhartmetall-Stabes mit einer Längsachse A, welche auch die Rotationsachse für den Wälzfräsvorgang ist, für den Einsatz auf beispielsweise einem Drehautomaten ausgeführt. Als Material für den Werkzeugkörper 1 kommen auch Keramik oder Schnellarbeitsstahl in Frage. Der Werkzeugkörper 1 kann auch in aufgebohrter Form zum Aufschieben auf eine Achse bzw. zum beiderseitigen Einspannen auf konische Lagerungen vorliegen. Ein Aufsatz 2 bildet die Schnittstelle zum Maschinen-spanner und hat typischerweise zylindrische Form. Die Befestigung kann jedoch auch anders gestaltet sein, beispielsweise konisch, gemäss einem Hohlschaftkegel (HSK)-System, od. dgl. An einem Ende geht im Ausführungsbeispiel der Figuren 1, 2, 4 und 5 oben der Aufsatz 2 über einen konischen Übergangsbereich 3, der mit Längsnuten 4 versehen sein kann, in einen anschliessenden Längsabschnitt mit geringerem Durchmesser über, in welchem die Stollen 5 angeordnet sind, die in das Material des Rohlings eindringen und dieses für die Formgebung des Zahnrades Z abtragen. Die Längsnuten 4 werden typischerweise während der Herstellung des Wälzfräsers bei Ausarbeitung der Spannuten 9 erzeugt, welche zwischen den entlang des Umfanges des Werkzeugkörpers 1 verteilten Segmenten

der Stollen 5 verlaufen. Die Spannuten 9 können dabei ebenfalls in Längsrichtung des Werkzeugkörpers 1 verlaufen oder auch in Helixform um die Längsachse A des Werkzeugkörpers 1 angeordnet sein.

[0026] Andere Ausführungsformen des Wälzfräasers können, wie in Fig. 5 mitte und unten dargestellt ist, andere Durchmesserhältnisse zwischen dem Aufsatz 2, dem Übergangsbereich 3 und den Abschnitten 6, 7 bzw. 8 mit den Stollen 5 aufweisen, insbesondere kann der Aufsatz 2 einen geringeren Durchmesser als der übrige Bereich des Wälzfräasers aufweisen. Der Übergangsbereich 3 läuft dann sich konisch vom ersten Abschnitt 6 für die Bearbeitung des Zahnrades Z zum Aufsatz 2 verschmälernd zu. In diesem Fall sind vorzugsweise keine Längsnuten 4 vorhanden.

[0027] Die Stollen 5, auf welchen Profile ausgearbeitet sind, mit in das Material des Rohlings für das Zahnrad Z eindringenden und in Umfangsrichtung um die Längsachse A verlaufenden Graten 51, 52, sind dabei zumindest zwei voneinander in axialer Richtung des Werkzeugkörpers 1 beabstandeten Abschnitten 6, 7 angeordnet, deren Stollen 5 und/oder Profile unterschiedlich ausgeführt sind. Bevorzugt kann sich noch zumindest ein weiterer Abschnitt 8 mit Abstand anschliessen, der das dem Aufsatz 2 gegenüberliegende Ende des Werkzeugkörpers 1 bildet.

[0028] Die Stollen 5 sind umlaufend um den Werkzeugkörper 1 bzw. dessen Längsachse A angeordnet, wobei die einzelnen Stollen 5 jedes Abschnitts 6, 7 durch eine achsparallele Spannute 9 beabstandet sind. Das Profil auf der Oberseite der Stollen 5 ist mit Graten 51, 52 versehen, deren Form, insbesondere der Querschnitt, Höhe H und Steigung P für den jeweiligen Bearbeitungsschritt und das konkrete Zahnrad Z angepasst sind, vorzugsweise individuell berechnet wurden. Für epizyklische Profile definieren einige Normen das Zahnprofil des Ritzels (z. B. NIHS). Meist werden die Zahnprofile jedoch für den jeweiligen Anwendungsfall eigens konstruiert, teilweise auch empirisch angepasst. Das bedeutet, dass meist für jedes zu fertigende Zahnrad Z ein spezifisches Profil des Wälzfräasers bestimmt werden muss. Die Fig. 3 zeigt in schematischer Darstellung eine Ansicht des Übergangsbereiches zwischen dem ersten Abschnitt 6 und dem zweiten Abschnitt 7, wobei zum besseren Verständnis ein zu bearbeitendes Zahnrad Z in Verbindung mit beiden Abschnitten 6, 7 dargestellt ist, obwohl in Realität die Bearbeitungsschritte mittels der nebeneinanderliegenden Abschnitte 6, 7, 8 schrittweise hintereinander erfolgt.

[0029] Ein erster Abschnitt 6, vorzugsweise der dem Übergangsbereich 3 nächstliegende Abschnitt, ist dazu bestimmt, hauptsächlich den Nutteil der Zähne des herzustellenden Zahnrades Z, welches um eine Achse AZ drehbar eingespannt ist, insbesondere den Kopfdurchmesser und die Nutzflanke, zu bearbeiten. Die Stollen 5 haben dazu eine erste Höhe HS1 und sind mit einem Profil versehen, welches Grate 51 der Höhe H1 aufweist. Die Grate 51 verlaufen in Helixform, bzw. auf jedem der Stollen 5 über einen Teilabschnitt einer Helix um die Längsachse A, mit einer ersten Steigung P1. Das Verhältnis der Stollenhöhe HS1 und der Höhe H1 der Grate 51 sowie die absoluten Werte dieser Höhen sind konkret für die Bearbeitung des Nutteils der Zähne des Zahnrades Z berechnet und ausgeführt, ebenso wie der Querschnitt der Grate 51.

[0030] Der zweite Abschnitt 7, der bereits etwas weiter zum Ende des Werkzeugkörpers 1 hin angeordnet ist, ist dazu bestimmt, hauptsächlich die Unterseite der Zähne des anzufertigenden Zahnrades Z zu schneiden. Die Stollen 5 weisen dazu insgesamt eine zweite Höhe HS2 auf und tragen auf ihrer Oberfläche ein Profil mit zweiten Graten 52 mit einer Höhe H2. Auch diese zweiten Grate sind mit einer zweiten Steigung P2 in Helixform um die Längsachse A angeordnet, wobei für die allermeisten Fälle grundsätzlich gilt, dass H2 grösser ist als H1. Für die Höhe der Stollen 5 gilt, dass HS2 grösser oder zumindest gleich gross ist wie HS1. Ergänzend dazu ist auch meist vorgesehen, dass P2 kleiner ist als P1. Auch die Form der Grate 52 des Abschnittes 7 kann speziell für diesen Bearbeitungszweck berechnet und ausgeführt sein, ebenso wie das Verhältnis der Stollenhöhe HS2 und der Höhe H2 der Grate 52 als auch die absoluten Höhen der Stollen 5 und der Grate 52.

[0031] Während die Stollen 5 typischerweise in einer zur Längsachse A orthogonalen Radialebene liegen, sind die Grate 51, 52 der Profile sowie auch die Zähne des oder der Stollen 5 des Abschnitts 8 in Helixform unter einem Steigungswinkel im Bereich zwischen $0,1^\circ$ und 10° , insbesondere im Bereich zwischen $0,1^\circ$ und 5° , ausgerichtet.

[0032] Der optionale Abschnitt 8 ist als Entgrat- oder Anfasfräser ausgeführt, mit typischerweise nur einem oder in einer mehrgängigen Ausführung mit wenigen, vorzugsweise auch speziell für den konkreten Bearbeitungszweck berechneten Stollen 5 bzw. darauf vorgesehenem Profil, um das komplette Profil der Zähne des Zahnrades Z noch anzufasen und/oder zu entgraten. Die Reihenfolge der drei Abschnitte 6, 7, 8 am Werkzeugkörper 1 kann je nach Anwendung und Schneidkonfiguration variieren.

[0033] Für das erfindungsgemässe Verfahren zur Herstellung eines Zahnrades Z mit epizyklischem Zahnprofil, wird ein Wälzfräser wie oben beschrieben in einer Bearbeitungsanordnung um eine Längsachse A rotierbar bereitgestellt. Der Rohling für das Zahnrad Z wird um eine Achse AZ eingespannt, wobei die Längsachse A mit einer orthogonalen Radialebene zur Achse AZ einen Winkel von maximal 10° , vorzugsweise einen Winkel zwischen $0,1^\circ$ und 5° , einschliesst. Der Rohling bleibt dabei während des gesamten Bearbeitungsvorganges der Zähne auf der Achse AZ eingespannt, während die verschiedenen Abschnitte 6, 7, 8 des Wälzfräasers nacheinander das Zahnprofil des Zahnrades herausarbeiten.

[0034] Für die Formung des Nutteils der Zähne des Zahnrades Z, insbesondere des Kopfdurchmessers und der Nutzflanke, wird, wie in Fig. 4 ganz oben dargestellt ist, der erste Abschnitt 6 des erfindungsgemässen Wälzfräasers verwendet und zugestellt. Nach Beendigung dieses Arbeitsschrittes wird der Wälzfräser vorzugsweise radial vom teilweise bearbeiteten Zahnrad abgehoben und weggefahren, was in Fig. 4, zweite Zeile abgebildet ist, und wird anschliessend nach Ver-

fahren in axialer Richtung des Werkzeugkörpers 1, dargestellt in Fig. 4, dritte Zeile, der zweite Abschnitt 7 dem Zahnrad Z zugestellt. Dies ist in Fig. 4 ganz unten abgebildet. Mittels dieses Abschnittes 7 wird die Unterseite der Zähne des Zahnrades Z, insbesondere der Zahnfuß und der Bereich zwischen den Zahnfüßen benachbarter Zähne bearbeitet.

[0035] Als vorteilhaften Verfahrensvariante kann abschliessend noch vorgesehen sein, dass mittels eines dritten Abschnittes 8 ein Anfasen und/oder Entgraten des gesamten Zahnprofils durchgeführt wird. Abweichend von den obigen, bevorzugten Merkmalen der Erfindung sind weitere Ausführungsformen denkbar. So können die materialabtragenden Stollen 5 verschiedene, jeweils konkret berechnete Formen aufweisen und allenfalls auch in Abschnitten angeordnet sein, die mit unterschiedlichen Drehrichtungen und damit Schnittrichtungen betrieben werden. Die Stollen 5 können in ein- oder mehrfädiger Anordnung vorliegen und die Spannuten 9 zwischen den Stollen 5 können gerade oder helixförmig um die Längsachse A umlaufend vorliegen. Der Schrägungswinkel kann rechts oder links sein, und die Stollen können logarithmisch hinterschleift sein und können auch schleifbar sein.

Bezugszeichenliste

[0036]

1	Werkzeugkörper
2	Aufsatz
3	Übergangsbereich
4	Längsnut
5	Stollen
6	Erster Abschnitt
7	Zweiter Abschnitt
8	Dritter Abschnitt
9	Spannut
51	Grat erster Abschnitt
52	Grat zweiter Abschnitt
A	Längsachse Wälzfräser
AZ	Achse Zahnrad
H	Höhe Grat
HS	Höhe Stollen
P	Steigung Grat
Z	Zahnrad

Patentansprüche

1. Wälzfräser zur Herstellung eines Zahnrades (Z) mit epizyklischem Zahnprofil, mit einem Werkzeugkörper (1), auf welchem umlaufend um eine Längsachse (A) Stollen (5) zum Abtragen des Materials des Zahnrades (Z) angeordnet sind, wobei die Stollen (5) in zumindest zwei voneinander in Längsrichtung der Längsachse (A) beabstandeten Abschnitten (6, 7) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Abschnitt (6) zum Fertigen des Nutzteils der Zähne des Zahnrades (Z), insbesondere des Kopfdurchmessers und der Nutzflanke, und ein zweiter, vorzugsweise benachbarter, Abschnitt (7) zum Fertigen der Unterseite der Zähne des Zahnrades (Z), insbesondere des Zahnfußes und des Bereichs zwischen den Zahnfüßen benachbarter Zähne, bestimmt sind.
2. Wälzfräser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein dritter Abschnitt (8), vorzugsweise benachbart dem zur Bearbeitung der Unterseite der Zähne bestimmten zweiten Abschnitt (7), zum Anfasen und/oder Entgraten des gesamten Zahnprofils des Zahnrades (Z) bestimmt ist.
3. Wälzfräser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stollen (5) insgesamt und/oder Profilgrate (51) des ersten Abschnittes (6) eine geringere Höhe (H1) aufweisen als die Höhe (H2) der Stollen und/oder der Profilgrate (52) des zweiten Abschnittes (7) insgesamt.
4. Wälzfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung (P2) der Grate (52) des Profils der Stollen (5) des zweiten Abschnittes (7) geringer ist als die Steigung (P1) der Grate (51) des Profils der Stollen (5) des ersten Abschnittes (6).
5. Wälzfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Steigungswinkel der Grate (51, 52) der Profile der Stollen (5) relativ zu einer orthogonal zur Längsachse (A) liegenden Radialebene im Bereich zwischen $0,1^\circ$ und 10° , insbesondere im Bereich zwischen $0,1^\circ$ und 5° , liegt.
6. Wälzfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkzeugkörper (1) in Form eines Hohlzylinders aus Schnellarbeitsstahl, Keramik oder aus Hartmetall ausgeführt ist, der zum Aufspannen auf einer angetriebenen Spindel ausgelegt ist.
7. Wälzfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkzeugkörper (1) als Vollhartmetallstab oder Stab aus Keramik oder Schnellarbeitsstahl ausgeführt ist, wobei benachbart einem der äussersten

Abschnitte (6, 7, 8) mit Stollen (5) ein Aufsatz (2) als Schnittstelle zu einem Maschinenspanner angeordnet ist, wobei der Aufsatz (2) vorzugsweise zylindrische Form aufweist.

8. Wälzfräser nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkzeugkörper (1) an zwei voneinander beabstandeten Stellen entlang der Längsachse (A) derart ausgeführt ist, dass er um die Längsachse (A) rotierbar gelagert werden kann, insbesondere im Bereich der äussersten Enden des Wälzfräasers.
9. Wälzfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich der erste Abschnitt (6) als auch der zweite Abschnitt (7) axial jeweils über 10% bis 40%, bevorzugt über 30% bis 45% der Längserstreckung des Werkzeugkörpers (1) erstrecken.
10. Wälzfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Abschnitt (6) und der zweite Abschnitt (7) axial um 5% bis 20% der Längserstreckung des Werkzeugkörpers (1) beabstandet sind.
11. Verfahren zur Herstellung eines Zahnrads (Z) mit epizyklischem Zahnprofil, umfassend die Bereitstellung einer Bearbeitungsanordnung mit einem um eine Längsachse (A) rotierbaren Wälzfräser zum Fertigen der Zähne des Zahnrades (Z), umfassend weiter die Bereitstellung eines um eine zweite Achse (AZ) rotierbaren Rohlings, wobei die Längsachse (A) mit einer orthogonalen Radialebene zur Achse (AZ) einen Winkel von maximal 10° einschliesst, und Einspannen des Rohlings in der Bearbeitungsanordnung während des Fertigens des gesamten Zahnprofils, dadurch gekennzeichnet, dass der Wälzfräser mit einem ersten Abschnitt (6) den Nutteil der Zähne, insbesondere den Kopfdurchmesser und die Nutzflanke, fertigt, dann in axialer Richtung des Werkzeugkörpers (1) verfahren wird und anschliessend mit einem zweiten, benachbarten Abschnitt (7) die Unterseite der Zähne, insbesondere den Zahnfuss und den Bereich zwischen den Zahnfüssen benachbarter Zähne, fertigt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Wälzfräser nach Fertigen der Unterseite der Zähne erneut in axialer Richtung des Werkzeugkörpers (1) verfahren und mittels eines dritten Abschnitts (8) ein Anfasen und/oder Entgraten des gesamten Zahnprofils durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Wälzfräser vor seinem Verfahren in axialer Richtung des Werkzeugkörpers (1) vom Rohling abgehoben wird.

Fig.1

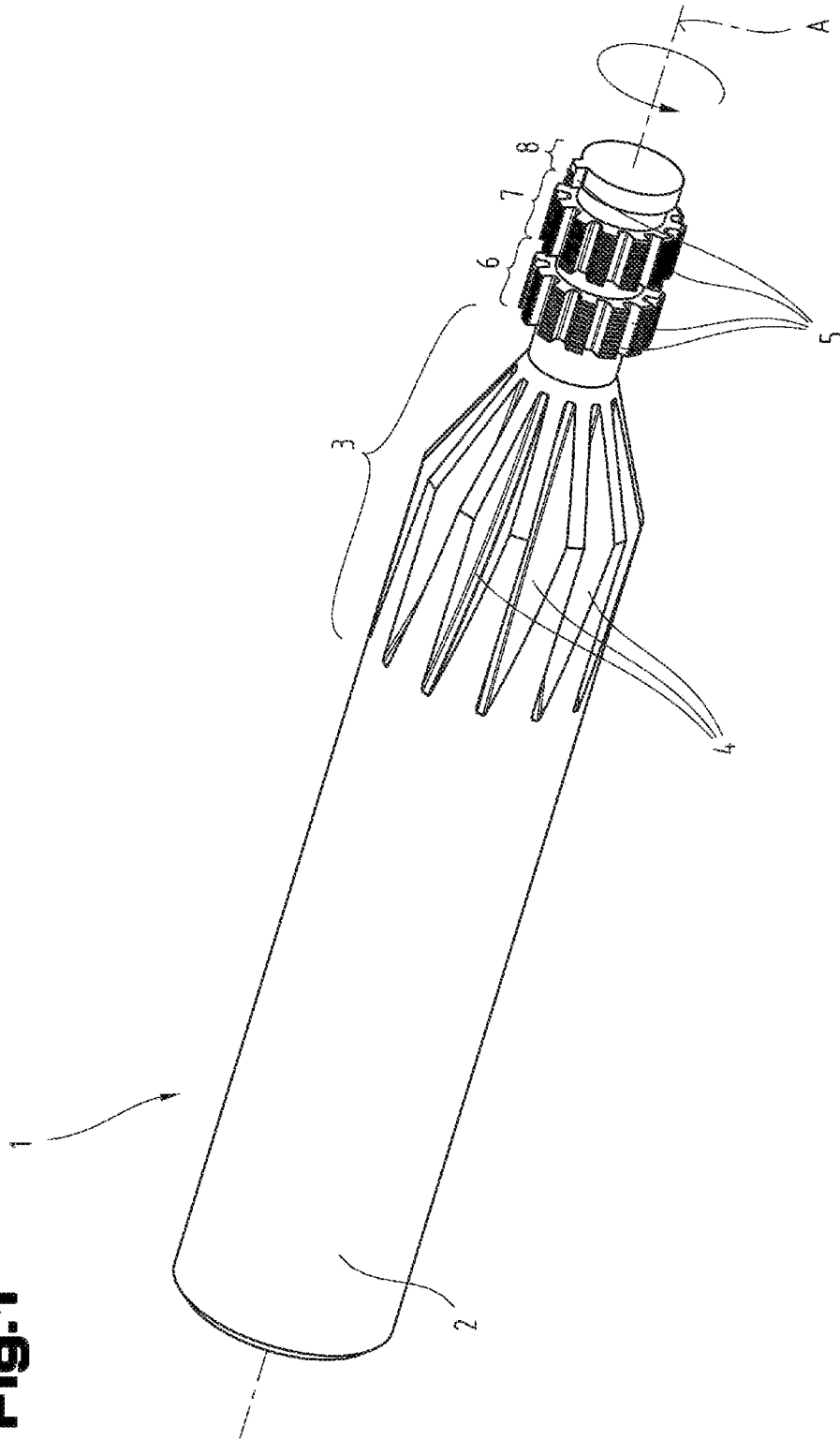


Fig.2

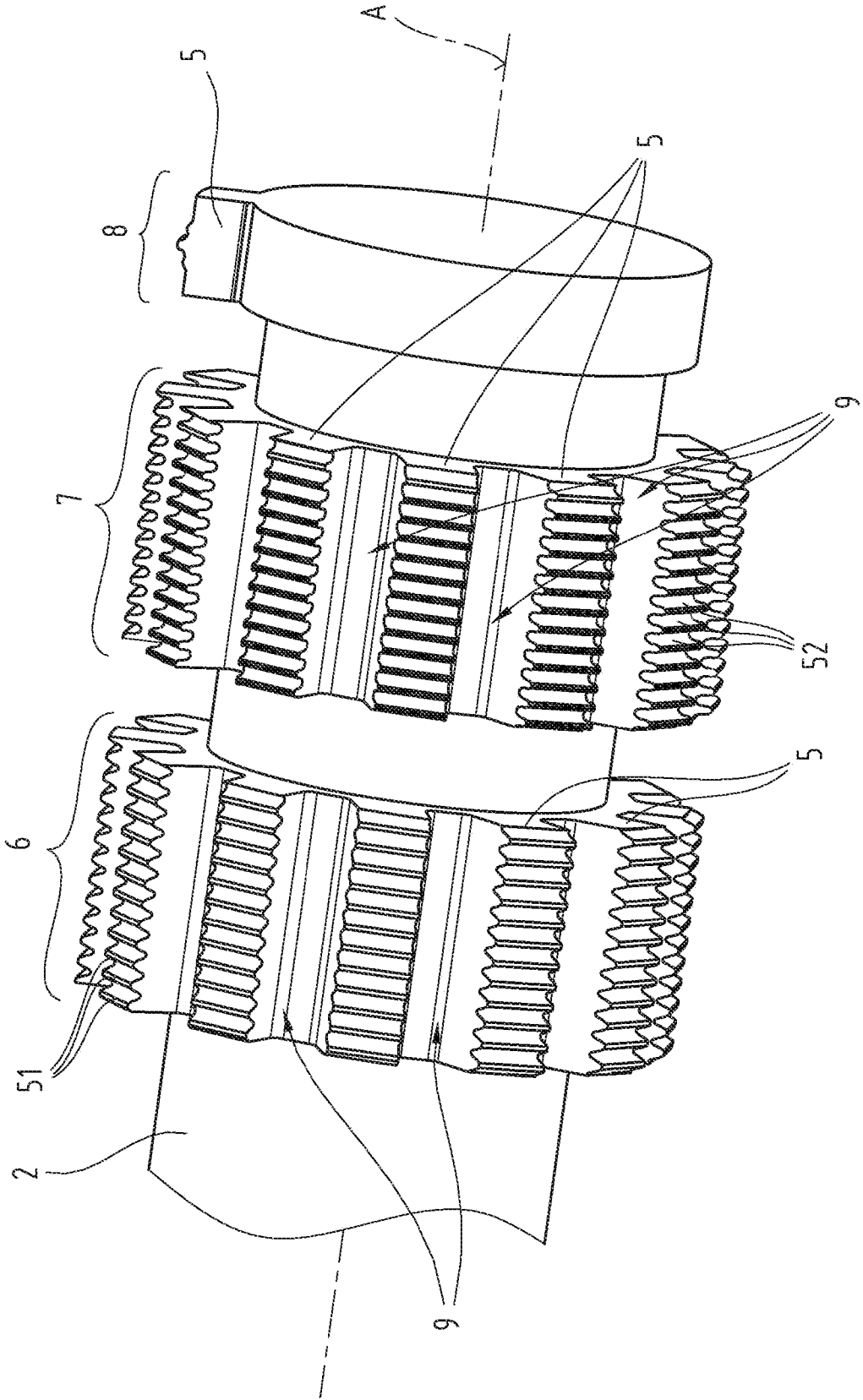


Fig.3

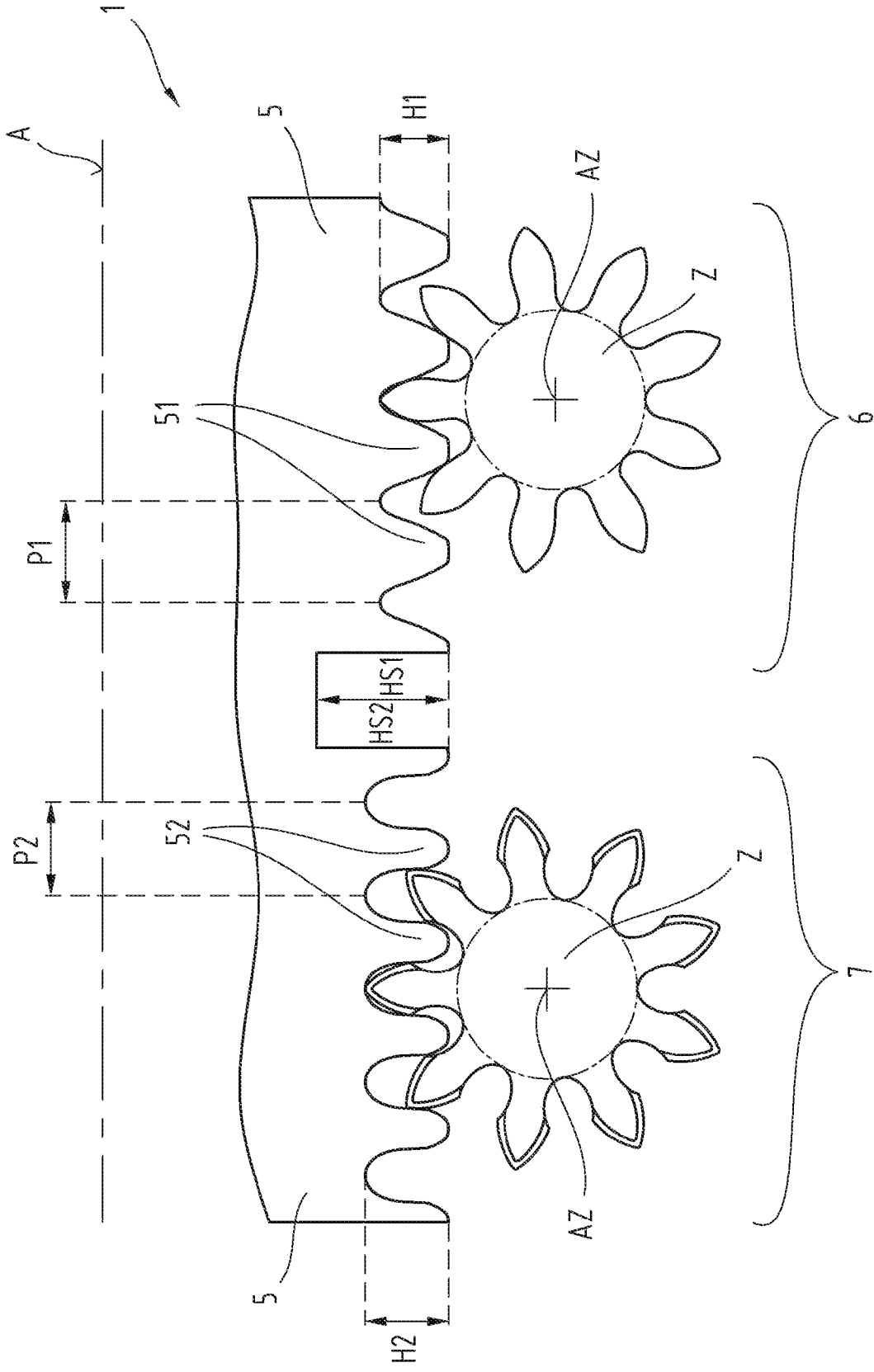


Fig.4

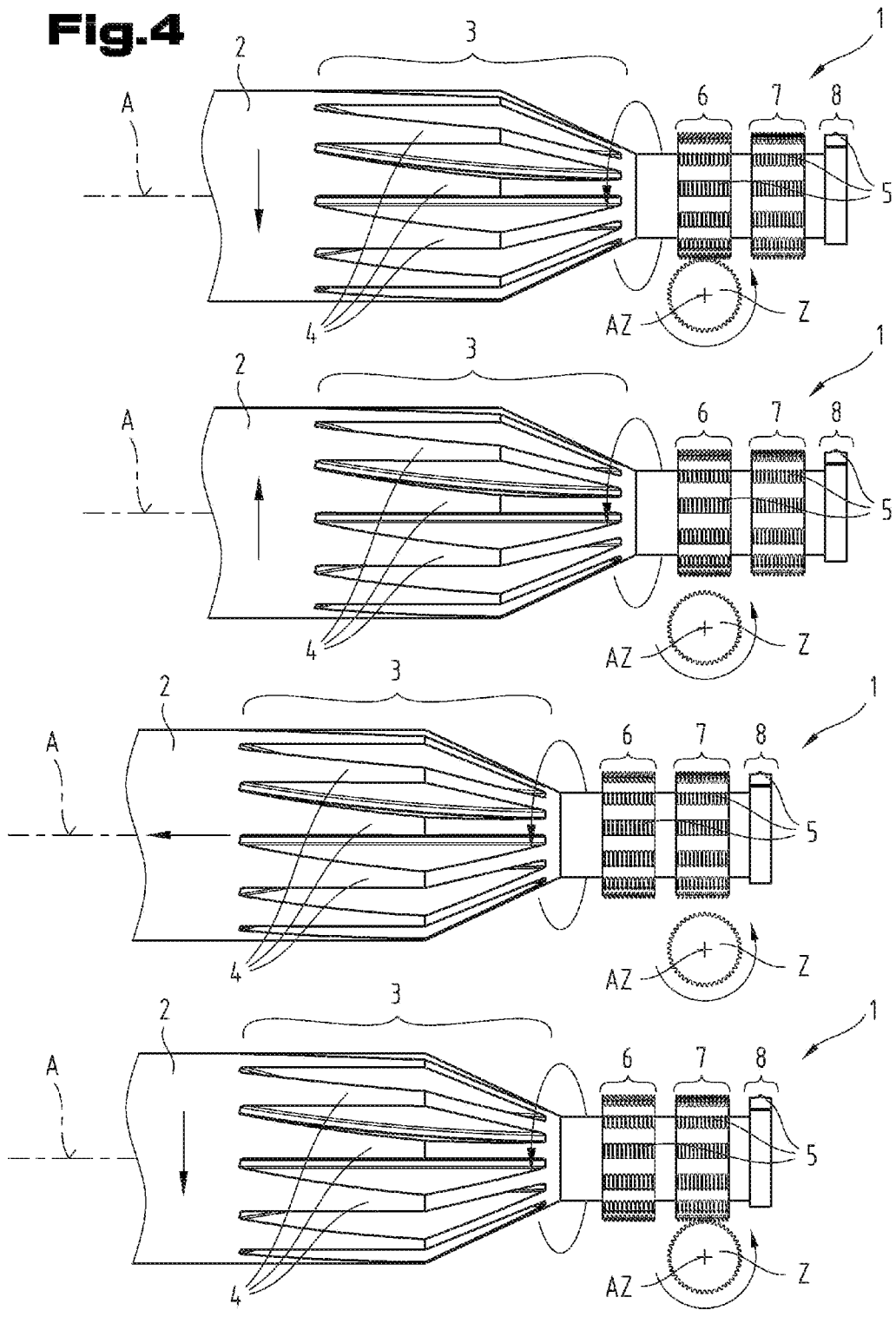


Fig.5

